饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响

胡诚军[1,2]　张　婷[2]　李华伟[2]　印遇龙[1,2]　江青艳[1*]　孔祥峰[2*]

(1.华南农业大学动物科学学院，广州 510642；2.中国科学院亚热带农业生态研究所，亚热带农业生态过程重点实验室，湖南省畜禽健康养殖工程技术研究中心，农业部中南动物营养与饲料科学观测实验站，长沙 410125）

摘　要：本试验旨在探讨饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响。试验选取体重为 77 kg 左右的“杜×长×大”肥育猪 60 头，随机分为 5 个组，每组 12 头猪，公、母各占 1/2。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加 2.05% *L*-丙氨酸（等氮对照组）、1%亮氨酸+1.37% *L*-丙氨酸（亮氨酸组）、1%谷氨酸+1.44% *L*-丙氨酸（谷氨酸组）、1%亮氨酸+1%谷氨酸（亮氨酸+谷氨酸组）。试验期为 60 d。结果表明：与对照组相比，谷氨酸组 1～30 d 的平均日采食量、末重和背膘厚均显著降低（$P<0.05$），31～60 d 的平均日增重降低了 22.5%（$P>0.05$）；亮氨酸组、亮氨酸+谷氨酸组背最长肌和股二头肌中的肌内脂肪含量显著增加（$P<0.05$），且亮氨酸+谷氨酸组 1～30 d 的平均日增重增加了 8.04%（$P>0.05$），31～60 d 的平均日增重则降低 23.70%（$P>0.05$）。与等氮对照组相比，亮氨酸组和谷氨酸组的熟肉率、滴水损失和肉色均无显著差异（$P>0.05$），亮氨酸+谷氨酸组肌肉黄度值显著降低（$P<0.05$）；各试验组背最长肌和股二头肌中风味氨基酸含量均无显著差异（$P>0.05$）。上述结果提示，饲粮添加 1%亮氨酸可降低 1～30 d 肥育猪的料重比，增加背最长肌肌内脂肪含量；饲粮添加 1%谷氨酸或 1%亮氨酸+1%谷氨酸可增加 1～30 d 的平均日增重，降低 31～60 d 的平均日增重；饲粮添加 1%亮氨酸+1%谷氨酸可降低肉色黄度值，增加肌内脂肪含量，从而改善猪肉品质。

关键词：亮氨酸；谷氨酸；肥育猪；生长性能；肉品质

中图分类号：S828

随着人们生活水平的提高，消费者对猪肉品质和风味提出了更高的要求。肌内脂肪是评价肉品质的感官和理化指标中最关键的因素之一，含量适中且分布均匀的肌内脂肪能使肉品味美多汁、口感良好，肌内脂肪含量在 2%～3%时肉质较为理想[1]。遗传育种和饲粮配制技术的进步虽然提高了猪的生长速度、饲料转化率和瘦肉率，但也引起了皮下和内脏脂肪沉积

收稿日期：2016-08-01

基金项目：国家 973 计划课题（2012CB124704）；国家自然科学基金面上项目（31270044）；中央驻湘科研机构技术创新发展专项（2013TF3006）

作者简介：胡诚军（1992-），男，江西新余人，硕士研究生，从事猪营养生理研究。E-mail: chengjhu@qq.com

*通信作者：江青艳，教授，博士生导师，E-mail： qyjiang@scau.edu.cn；

孔祥峰，研究员，博士生导师，E-mail： nnkxf@isa.ac.cn

过多、肌内脂肪含量降低、胴体品质下降等问题。因此，根据猪的代谢特点和营养需求，研发绿色高效的功能性饲料添加剂来改善猪肉品质已成为优质猪肉高效生产的一条重要途径[2]。近年来，国内外学者提出了功能性氨基酸的概念，并对其生理功能开展了深入研究[3]。最近的研究表明，谷氨酸和亮氨酸不仅是动物蛋白质合成的前体物质，还具有多种生理功能。例如，谷氨酸可减少体内脂肪沉积[4]，降低肌纤维直径，提高肌肉中肌苷酸含量，影响肌肉中脂肪酸组成[5-6]；饲粮中添加 1%谷氨酸对猪无毒害作用，且可提高饲料转化率[7]。亮氨酸可通过激活哺乳动物雷帕霉素靶蛋白复合体 1（mTORC1）信号通路促进蛋白质合成，提高动物瘦肉率[8]，抑制脂肪细胞脂肪酸合成酶表达，降低甘油三酯含量[9]；饲粮中添加 1%亮氨酸可提高动物体增重[10]。不过也有研究表明，饲粮中添加亮氨酸或者谷氨酸可以提高肌内脂肪含量，但对生长性能和胴体性状无显著影响[6,11]。由上可见，关于亮氨酸和谷氨酸调控动物生长性能和肉品质方面已有不少研究报道，但关于同时添加这 2 种氨基酸来调控育肥猪生长性能和肉品质的报道尚不多见。因此，本试验通过研究饲粮添加 1%亮氨酸或/和 1%谷氨酸对育肥猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响，旨在为养猪生产中利用亮氨酸和谷氨酸改善猪肉品质提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物、分组与饲养管理

试验选取体重为 77 kg 左右的“杜×长×大”肥育猪 60 头，随机分为 5 组，每组 12 头猪，公、母各占 1/2，饲喂于 HHIS-02A 型全自动饲喂系统（河南和顺自动化设备有限公司生产）中。对照组饲喂基础饲粮，*L*-丙氨酸可调节饲粮氮平衡[12-13]，在基础饲粮中添加 2.05% *L*-丙氨酸作为等氮对照组，试验组分别在基础饲粮中添加 1%亮氨酸+1.37% *L*-丙氨酸（亮氨酸组）、1%谷氨酸+1.44% *L*-丙氨酸（谷氨酸组）、1%亮氨酸+1%谷氨酸（亮氨酸+谷氨酸组）。参照 NRC（2012）猪营养需求标准配制玉米-豆粕型基础饲粮，其组成及营养水平见表 1。饲养试验在位于湖南新五丰股份有限公司永安分公司的中国科学院亚热带农业生态研究所动物实验基地开展，试验期为 60 d。饲养期间，自由采食、饮水，按正常免疫程序进行免疫接种。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Compositions and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	78.80

豆粕 Soybean	16.50
赖氨酸 Lys	0.42
蛋氨酸 Met	0.05
苏氨酸 Thr	0.18
色氨酸 Try	0.05
预混料 Premix[1)]	4.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/（MJ/kg）	13.62
粗蛋白质 CP	13.60
粗纤维 CF	2.47
粗脂肪 EE	3.09
钙 Ca	0.62
总磷 TP	0.42
有效磷 AP	0.21
赖氨酸 Lys	1.06
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.57
缬氨酸 Val	0.66
苏氨酸 Thr	0.70
谷氨酸+谷氨酰胺 Glu+Gln	3.06
色氨酸 Try	0.16
亮氨酸 Leu	1.50

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet：Cu 15.10 mg，Fe 150 mg，Se 0.30 mg，Zn 90 mg，Mn 61 mg，VD 386 IU，VA 9 100 IU，VE 135 IU，VK 2.24 mg，VB_6 1.40 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 19.70 mg，烟酸 niacin 32.20 mg，VB_{12} 0.028 mg，NaCl 4.10 g，$CaHPO_4$ 6.50 g，$CaCO_3$ 10.80 g.

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.2 生长性能测定

试验期间记录试验猪的日采食量和日增重，计算 1～30 d、31～60 d 的平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

1.3 屠宰性能测定

试验结束时，称取试验猪的空腹体重，按照国家标准《生猪屠宰操作规程》进行屠宰测定与取样。颈动脉放血处死，去除头、蹄、尾及内脏，保留板油和肾脏，称量胴体重，计算屠宰率。用游标卡尺测量第 6 和 7 肋骨结合处的背膘厚。分割后分别称量瘦肉、脂肪、皮和

骨骼的重量，计算瘦肉率、脂肪率、皮率和骨骼率[14]。

1.4　肉品质测定

取背最长肌样品，测定其滴水损失和熟肉率，用肉色仪（Minolta Chroma Meter Ⅱ）测定宰后 2 h 内的肉色值；取冷冻干燥并粉碎的背最长肌和股二头肌样品，常规法测定其粗蛋白质、粗脂肪、干物质和氨基酸的含量[15-16]。

1.5　数据处理

采用 SPSS 17.0 统计软件对试验数据进行 Duncan 氏法多重比较，结果以"平均值±标准误"表示，P<0.05 表示差异显著。

2　结　果

2.1　饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，亮氨酸组 1～30 d 的 F/G 显著降低（P<0.05）；谷氨酸组 1～30 d 的 ADFI 和 F/G 均显著降低（P<0.05）；亮氨酸+谷氨酸组 1～30 d 的 ADG 和 ADFI 无显著差异（P>0.05），但 F/G 显著降低（P<0.05）。与等氮对照组相比，亮氨酸组 1～30 d 的 F/G 显著降低（P<0.05），谷氨酸组 1～30 d 的 F/G、31～60 d 的 ADFI 显著降低（P<0.05），亮氨酸+谷氨酸组 1～30 d 的 F/G 显著降低（P<0.05）。

表 2　饲粮亮氨酸和谷氨酸对肥育猪生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary Leu and Glu on growth performance of finishing pigs

项目 Items	对照组 Control group	等氮对照组 Iso-nitrogenous control group	亮氨酸组 Leu group	谷氨酸组 Glu group	亮氨酸+谷氨酸组 Leu+Glu group
初重 Initial weight/kg	77.04±3.71	77.08±3.51	77.09±2.53	77.15±3.42	77.06±2.28
末重 Finial weight/kg	120.24±3.03^{a}	117.77±3.00^{ab}	119.33±1.50^{ab}	111.66±3.18^{b}	117.13±1.98^{ab}
平均日采食量 ADFI/kg					
1～30 d	3.03±0.16^{a}	2.81±0.17^{ab}	2.65±0.16^{ab}	2.32±0.18^{b}	2.71±0.15^{ab}
31～60 d	2.74±0.19^{ab}	2.88±0.33^{a}	3.07±0.24^{a}	2.52±0.12^{b}	3.02±0.15^{a}
平均日增重 ADG/kg					
1～30 d	0.87±0.11	0.79±0.07	0.91±0.08	0.88±0.09	0.94±0.05
31～60 d	0.80±0.06	0.74±0.13	0.78±0.04	0.62±0.07	0.61±0.03

料重比 F/G					
1～30 d	3.68±0.12[a]	3.47±0.17[a]	2.87±0.08[b]	2.73±0.11[b]	2.90±0.08[b]
31～60 d	3.69±0.58	3.92±0.26	4.24±0.24	3.73±0.32	4.13±0.25

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05). The same as below.

2.2 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪胴体性状的影响

由表 3 可知，与对照组相比，谷氨酸组的背膘厚显著降低（*P*<0.05），亮氨酸组、亮氨酸+谷氨酸组的胴体品质无显著差异（*P*>0.05）；与等氮对照组相比，亮氨酸组的屠宰率显著增加（*P*<0.05），谷氨酸组、亮氨酸+谷氨酸组的胴体品质无显著差异（*P*>0.05）。

表 3 饲粮亮氨酸和谷氨酸对肥育猪胴体性状的影响

Table 3 Effects of dietary Leu and Glu on carcass traits of finishing pigs

项目 Items	对照组 Control group	等氮对照组 Iso-nitrogenous control group	亮氨酸组 Leu group	谷氨酸组 Glu group	亮氨酸+谷氨酸组 Leu+Glu group
屠宰率 Slaughter yield/%	74.73±0.42[a]	72.97±0.6[b]	74.72±0.91[a]	74.38±0.49[ab]	73.10±0.36[ab]
瘦肉率 Lean meat percentage/%	66.90±0.92	67.60±0.92	67.10±0.72	68.70±0.64	66.50±0.67
脂肪率 Fat percentage/%	12.30±0.93	11.49±0.80	10.37±0.86	9.87±1.24	11.61±0.95
皮率 Skin percentage/%	4.87±0.21	4.90±0.26	5.6±0.43	5.23±0.15	5.69±0.65
骨骼率 Bone percentage/%	15.78±0.41	15.94±0.38	16.91±0.57	16.16±1.02	16.41±0.55
背膘厚 Back fat thickness/cm	2.42±0.23[a]	2.10±0.20[ab]	1.90±0.15[ab]	1.59±0.21[b]	2.16±0.19[ab]

2.3 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪肉品质的影响

由表 4 可知，与对照组相比，亮氨酸组、谷氨酸组和亮氨酸+谷氨酸组的熟肉率、滴水损失和肉色均无显著差异（*P*>0.05）；与等氮对照组相比，亮氨酸组和谷氨酸组的熟肉率、

滴水损失和肉色均无显著差异（P>0.05），亮氨酸+谷氨酸组的肉色黄度值显著降低（P<0.05），但熟肉率和滴水损失均无显著差异（P>0.05）。

表 4 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪肉品质的影响

Table 4 Effects of dietary Leu and Glu on meat quality of finishing pigs

项目 Items	对照组 Control group	等氮对照组 Iso-nitrogenous control group	亮氨酸组 Leu group	谷氨酸组 Glu group	亮氨酸+谷氨酸组 Leu+Glu group
熟肉率 Cooking rate/%	56.52±0.80	56.38±0.38	55.59±0.83	55.17±0.73	55.65±0.74
滴水损失 Drip loss/%	2.33±0.42[ab]	2.50±0.60[ab]	3.27±0.83[a]	1.27±0.09[b]	2.04±0.47[ab]
肉色 Meat color					
红度 Redness	13.85±0.17	14.30±0.49	14.16±0.6	14.44±0.42	14.60±0.52
黄度 Yellowness	3.64±0.23[ab]	4.18±0.31[a]	3.80±0.27[ab]	3.95±0.15[ab]	3.49±0.11[b]
亮度 Lightness	46.93±0.86	47.51±0.75	46.96±1.22	47.30±0.45	47.12±0.71

2.4 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪肌肉中常规营养成分含量的影响

由表 5 可知，与对照组相比，亮氨酸组、亮氨酸+谷氨酸组背最长肌和股二头肌肌内脂肪含量以及谷氨酸组股二头肌肌内脂肪含量均显著增加（P<0.05）。与等氮对照组相比，亮氨酸组背最长肌肌内脂肪含量显著增加（P<0.05）；谷氨酸组背最长肌和股二头肌中的干物质、肌内脂肪和粗蛋白质含量均无显著差异（P>0.05）；亮氨酸+谷氨酸组背最长肌肌内脂肪含量显著增加（P<0.05）。

表 5 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪肌肉中常规营养成分含量的影响（鲜样基础）

Table 5 Effects of dietary Leu and Glu on muscle conventional nutrient contents of finishing pigs (as-fresh basis) %

项目 Items	对照组 Control group	等氮对照组 Iso-nitrogenous control group	亮氨酸组 Leu group	谷氨酸组 Glu group	亮氨酸+谷氨酸组 Leu+Glu group
背最长肌 *Longissimus dorsi* muscle					

干物质 Dry matter	26.41±1.31	26.72±1.64	26.88±2.37	26.58±2.89	27.25±2.26
肌内脂肪 Intramuscular fat	2.51±0.35[b]	2.05±0.24[b]	4.05±0.57[a]	2.64±0.31[b]	4.46±0.76[a]
粗蛋白质 Crude protein	22.78±0.33	22.62±0.47	21.03±1.80	22.19±0.53	22.22±0.62
股二头肌 *Biceps femoris* muscle					
干物质 Dry matter	26.21±2.11	28.54±2.87	27.15±2.21	26.78±2.82	27.89±4.10
肌内脂肪 Intramuscular fat	2.91±0.20[b]	3.24±0.52[a]	4.02±0.57[a]	3.26±0.32[a]	4.02±0.73[a]
粗蛋白质 Crude protein	21.01±0.56[b]	22.82±0.55[a]	21.27±0.42[ab]	21.94±0.69[ab]	22.29±0.32[ab]

2.5 饲粮添加亮氨酸和谷氨酸对肥育猪肌肉中风味氨基酸含量的影响

与对照组相比，各组背最长肌和股二头肌中的天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、蛋氨酸和脯氨酸含量均无显著变化（*P*>0.05，数据未列出）。

3 讨 论

亮氨酸和谷氨酸是人与动物机体的必需氨基酸。亮氨酸不仅可用于合成蛋白质，还可通过激活哺乳动物雷帕霉素靶蛋白（mTOR）信号通路促进蛋白质的合成，维持肌肉数量，抑制脂肪合成，促进脂肪分解，增加能量消耗[17]。本试验中，饲粮添加亮氨酸显著降低了肥育猪试验前期（1～30 d）的 F/G，但对其他生长性能指标无显著影响，这与 Madeira 等[18]的报道一致。也有相同的研究表明，饲粮添加亮氨酸对 C57BL/6 小鼠的采食量和体重均无显著影响[19]。本试验在饲粮中添加谷氨酸，试验前期的 ADG 增加，试验后期（31～60 d）的 ADG 降低，造成肥育猪的末重显著降低，其原因是谷氨酸显著降低了肥育猪的采食量。采食量是限制动物生长性能发挥的重要因素，而谷氨酸在中枢神经系统中作为一种神经递质，能通过参与神经活动调控动物的采食量和体重[20-21]。有研究发现，给动物注射谷氨酸可降低其采食量[22]，这与本研究的结果一致；也有研究表明，饲粮中添加谷氨酸对肥育猪的生长性能无显著影响[23]。上述差异可能是试验饲粮及饲粮中谷氨酸的添加量不同造成的。饲粮中同时添加亮氨酸和谷氨酸时，肥育猪的生长情况与添加谷氨酸时类似，可见亮氨酸的添加并不能改变试验后期谷氨酸对肥育猪生产性能的降低作用。理想氨基酸平衡模式(ideal amino acid, IAAP)是配制猪低蛋白质饲粮的关键技术，有研究表明，猪在不同生产目的的情况下有不同氨基酸平衡模式[24]，降低饲粮蛋白质水平，通过添加氨基酸达到理想氨基酸平衡模式，不会影响氮在机体内的沉积[25]，本试验在低蛋白质饲粮中添加亮氨酸和/或谷氨酸，改变了亮氨酸和谷氨酸相对于赖氨酸的比例关系，这可能是生长性能指标发生改变的原因，但具体原因尚需进一步分析。

屠宰率、瘦肉率、脂肪率、背膘厚和骨骼率等指标均可反映动物的胴体品质。背膘厚主要反映肥育猪的脂肪沉积能力，也是生产中用来度量瘦肉率的指标之一。本研究在基础饲粮中添加 1%谷氨酸后肥育猪背膘厚显著降低，提示谷氨酸可通过降低肥育猪的背膘厚来提高胴体品质。

评价肉品质的指标包括熟肉率、滴水损失和肉色等。肌肉的保水性影响肉的多汁性、香气和滋味等食用品质；肉色是消费者直观评价肉品好坏的重要指标[26]。本试验在饲粮中添加亮氨酸或谷氨酸对上述指标均无显著影响。Madeira 等[18]报道，饲粮中添加亮氨酸宰后熟肉率和肉色等指标也均无显著变化。Chun 等[27]研究表明，饲粮中添加谷氨酸钠降低了猪肉的保水性，但对熟肉率无影响。在饲粮中同时添加亮氨酸和谷氨酸，不影响熟肉率和滴水损失，但可显著降低肉色黄度值，说明亮氨酸与谷氨酸在改善肉色方面具有一定的协同作用。

肌内脂肪含量与猪肉的嫩度、多汁性和风味密切相关。本试验结果表明，饲粮添加亮氨酸可显著提高背最长肌和股二头肌中肌内脂肪的含量，这与 Madeira 等[18]的报道一致。本试验在饲粮中同时添加亮氨酸和谷氨酸显著提高了背最长肌中肌内脂肪的含量，改善了猪肉的品质。肌内脂肪含量与瘦肉率之间呈负相关[28]，而背膘厚与脂肪率呈正相关、与瘦肉率呈负相关。现代生物技术的应用虽然提高了肥育猪的瘦肉率，降低了背膘厚，改善了胴体性质，但也降低了肌内脂肪含量，引起猪肉品质下降。本试验结果表明，相比单独添加亮氨酸或谷氨酸，同时添加亮氨酸和谷氨酸虽然降低了肥育猪的胴体性状，但可通过提高肌内脂肪含量来改善猪肉品质。猪肉中风味氨基酸的含量是衡量猪肉风味和鲜味的重要指标。前人研究表明，谷氨酸和天冬氨酸可使猪肉更具鲜味，甘氨酸和丙氨酸可使猪肉更具甜味[29]。本试验在饲粮中添加亮氨酸和谷氨酸不能提高肌肉中风味氨基酸的含量。

4 结　论

①饲粮添加 1%亮氨酸可降低 1～30 d 肥育猪的 F/G，增加背最长肌肌内脂肪含量。

②饲粮添加 1%谷氨酸或 1%亮氨酸+1%谷氨酸可增加 1～30 d 的 ADG，降低 31～60 d 的 ADG。

③饲粮添加 1%亮氨酸+1%谷氨酸可降低肉色黄度值，增加肌内脂肪含量，从而改善猪肉品质。

参考文献:

[1] 尹靖东,李德发.猪肉质形成的分子机制与营养调控[J].动物营养学报,2014,26(10):2979–2985.

[2] 孔祥峰,印遇龙,伍国耀.猪功能性氨基酸营养研究进展[J].动物营养学报,2009,21(1):1–7.

[3] WU G Y.Functional amino acids in growth,reproduction,and health[J].Advances in Nutrition,2010,1(1):31–37.

[4] KONDOH T,TORII K.MSG intake suppresses weight gain,fat deposition,and plasma leptin levels in male Sprague-Dawley rats[J].Physiology & Behavior,2008,95(1/2):135–144.

[5] 赵叶,周小秋,胡肄,等.饲料中添加谷氨酸对生长中期草鱼肌肉品质的影响[J].动物营养学报,2014,26(11):3452–3460.

[6] 周笑犁,孔祥峰,范觉鑫,等.味精与高脂日粮对生长猪胴体性状与组成的影响[J].食品工业科技,2014,35(5):330–333,337.

[7] REZAEI R,KNABE D A,TEKWE C D,et al.Dietary supplementation with monosodium glutamate is safe and improves growth performance in postweaning pigs[J].Amino Acids,2013,44(3):911–923.

[8] JEWELL J L,KIM Y C,RUSSELL R C,et al.Differential regulation of mTORC1 by leucine and glutamine[J].Science,2015,347(6218):194–198.

[9] ZEMEL M B,BRUCKBAUER A.Effects of a leucine and pyridoxine-containing nutraceutical on fat oxidation,and oxidative and inflammatory stress in over weight and obese subjects[J].Nutrients,2012,4(6):529–541.

[10] KAWANAGO M,TAKEMURA S,ISHIZUKA R,et al.Leucine affects growth and hepatic growth-related factor gene expression in Japanese amberjack *Seriola quinqueradiata*[J].North American Journal of Aquaculture,2014,76(4):415–422.

[11] HYUN Y,ELLIS M,MCKEITH F K,et al. Effect of dietary leucine level on growth performance,and carcass and meat quality in finishing pigs[J].Canadian Journal of Animal Science,2003,83(2):315–318.

[12] HAM D J,CALDOW M K,CHHEN V,et al.Glycine restores the anabolic response to leucine in a mouse model of acute inflammation[J].American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism,2016,310(11):E970–E981.

[13] 查伟,孔祥峰,谭敏捷,等.饲粮添加脯氨酸对妊娠环江香猪繁殖性能和血浆生化参数的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):579–584.

[14] 刘志强,谭碧娥,汤文杰,等.日粮不同蛋白质水平对三元肥育猪生产性能和胴体品质的影响[J].动物营养学报,2008,20(6):611–616.

[15] TAN B,YIN Y L,LIU Z Q,et al.Dietary *L*-arginine supplementation increases muscle gain and reduces body fat mass in growing-finishing pigs[J].Amino Acids,2009,37(1):169–175.

[16] LIU Y Y,LI F N,KONG X F,et al.Signaling pathways related to protein synthesis and amino acid concentration in pig skeletal muscles depend on the dietary protein level,genotype and developmental stages[J].PLoS One,2015,10(9):e0138277.

[17] 陈浩,毛湘冰,陈代文,等.亮氨酸调节哺乳动物脂肪代谢的研究进展[J].动物营养学报,2014,26(7):1723–1727.

[18] MADEIRA M S,ALFAIA C M,COSTA P,et al.The combination of arginine and leucine supplementation of reduced crude protein diets for boars increases eating quality of pork[J].Journal of Animal Science,2014,92(5):2030–2040.

[19] NOATSCH A,PETZKE K J,MILLROSE M K,et al.Body weight and energy homeostasis was not affected in C57BL/6 mice fed high whey protein or leucine-supplemented low-fat diets[J].European Journal of Nutrition,2011,50(6):479–488.

[20] BURRIN D G,STOLL B.Metabolic fate and function of dietary glutamate in the gut[J].The American Journal of Clinical Nutrition,2009,90(3):850S–856S.

[21] ZENI L A Z R,SEIDLER H B K,DE CARVALHO N A S,et al.Glutamatergic control of food intake in pigeons:effects of central injections of glutamate,NMDA,and AMPA receptor agonists and antagonists[J].Pharmacology Biochemistry and Behavior,2000,65(1):67–74.

[22] WANG S B,KHONDOWE P,CHEN S F,et al.Effects of “Bioactive” amino acids leucine,glutamate,arginine and tryptophan on feed intake and mRNA expression of relative neuropeptides in broiler chicks[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2012,3(1):27.

[23] 杨翠,罗鲜青,黄丽霞,等.日粮中添加富利宝和谷氨酸对猪肥育与屠宰性能及肉品质的影响[J].家畜生态学报,2016,37(2):28–33.

[24] KIM S W,HURLEY W L,WU G,et al.Ideal amino acid balance for sows during gestation and lactation[J].Journal of Animal Science,2009,87(14S):E123–E132.

[25] OTTO E R,YOKOYAMA M,KU P K,et al.Nitrogen balance and ileal amino acid digestibility in growing pigs fed diets reduced in protein concentration[J].Journal of Animal Science,2003,81(7):1743–1753.

[26] 尹靖东.动物肌肉生物学与肉品科学[M].北京:中国农业大学出版社,2011.

[27] CHUN J Y,KIM B S,LEE J G,et al.Effect of NaCl/monosodium glutamate (MSG) mixture on the sensorial properties and quality characteristics of model meat products[J].Korean Journal

for Food Science of Animal Resources,2014,34(5):576–581.

[28] ROS-FREIXEDES R,REIXACH J,BOSCH L,et al.Response to selection for decreased backfat thickness at restrained intramuscular fat content in Duroc pigs[J].Journal of Animal Science,2013,91(8):3514–3521.

[29] LORENZO J M,FRANCO D.Fat effect on physic-chemical,microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis,proteolysis and sensory properties[J].Meat Science,2012,92(4):704–714.

Effects of Dietary Leucine and Glutamate on Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality of Finishing Pigs

HU Chengjun[1,2] ZHANG Ting[2] LI Huawei[2] YIN Yulong[1,2] JIANG Qingyan[1*] KONG Xiangfeng[2*]

(1. *College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*; 2. *Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Subtropical Region, Hunan Provincial Engineering Research Center of Healthy Livestock, Scientific Observing and Experimental Station of Animal Nutrition and Feed Science in South-Central, Ministry of Agriculture, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha* 410125, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary leucine and glutamate on growth performance, carcass traits and meat quality of finishing pigs. Sixty Duroc×Large White×Landrace pigs with about 77 kg of average body weight were randomly assigned to 5 groups with 12 pigs per group (half male and half female). The pigs in the control group were fed the basal diet, and others in the experiment groups were fed the basal diet supplemented with 2.05% *L*-alanine (iso-nitrogenous control group), 1.0% leucine+1.37% *L*-alanine (leucine group), 1% glutamate+1.44% *L*-alanine (glutamate group) and 1.0% leucine+1.0% glutamate (leucine+glutamate group), respectively. The experiment lasted for 60 days. The results showed that compared with the control group, the average daily feed intake during 1 to 30 days, final body weight and back fat thickness of pigs in glutamate group were significantly decreased (P<0.05), and the average daily gain during 31 to 60 days was decreased by 22.5% (P>0.05); the intramuscular fat content in *Longissimus dorsi* muscle and *Biceps femoris* muscle of pigs in leucine group and leucine+glutamate group was significantly increased (P<0.05), and the average

*Corresponding authors, JIANG Qingyan, professor, E-mail: qyjiang@scau.edu.cn; KONG Xiangfeng, professor, E-mail: nnkxf@isa.ac.cn （责任编辑　武海龙）

day gain during 1 to 30 days was increased by 8.04% but that during 31 to 60 days was decreased by 23.70% (*P*>0.05). Compared with the iso-nitrogenous control group, the cooking rate, drip loss and meat color in leucine group and glutamate group had no significant difference (*P*>0.05), while the meat yellowness value in leucine+glutamate group was significantly decreased (*P*<0.05), The contents of flavor amino acids in *longissimus dorsi* muscle and *Biceps femoris* muscle had no significant difference among all experiment groups (*P*>0.05). These findings suggest that diet supplemented with 1% leucine can decrease the ratio of feed to gain during 1 to 30 days and increase the content of intramuscular fat in *longissimus dorsi* muscle; diet supplemented with 1% glutamate or 1% leucine+1% glutamate can increase the average daily gain during 1 to 30 days and decrease the average daily gain during 31 to 60 days; diet supplemented with 1% leucine+1% glutamate can decrease the meat color yellowness value, improve intramuscular fat content and meat quality of finishing pigs.

Key words: leucine; glutamate; finishing pigs; growth performance; meat quality